

## Bank of photocells mounted in series

Publication number: FR2666453 (A1)

Publication date: 1992-03-06

Inventor(s): RENE MICOLET +

Applicant(s): COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR] +

Classification:

- international: H01L21/762; H01L27/142; H01L21/70; H01L27/142; (IPC1-7): H01L27/12; H01L27/14

- European: H01L21/762D20; H01L27/142R3; Y02E10/50

Application number: FR19900010884 19900831

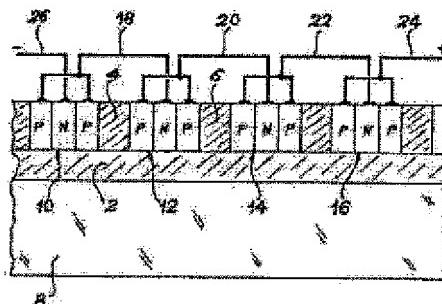
Priority number(s): FR19900010884 19900831

### Cited documents:

- US3994012 (A)
- EP0032022 (A1)
- FR2616590 (A1)
- JP63055980 (A)

### Abstract of FR 2666453 (A1)

Bank of photocells mounted in series, characterised in that the photo cells (10, 12, 14, 16) are integrated into insulating wells within the same substrate (8) with the aid of a SOI-type structure (silicon on insulator), known per se, comprising, in a block of silicon, juxtaposed insulating wells made of silica SiO<sub>2</sub>, the bottoms of which are made up with the aid of a deep insulating layer (2) of SiO<sub>2</sub> obtained, for example, by implantation of O<sup>+</sup> oxygen ions followed by annealing at high temperature, and the vertical side walls for dielectric insulation (4, 6) of which are obtained by localised thermal oxidation, the photocells being obtained by ion implantation and creation of P and N-type regions in the silicon domains contained in the various wells, and in that the electrical connections (18, 20, 22); between the photocells are produced by etching conductors with the aid of masks on the surface of the substrate.



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 666 453

(21) N° d'enregistrement national :

90 10884

(51) Int Cl<sup>5</sup> : H 01 L 27/14, 27/12

(2)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 31.08.90.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE  
ATOMIQUE Etablissement de Caractère Scientifique,  
Technique et Industriel — FR.

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 06.03.92 Bulletin 92/10.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche : Se reporter à la fin du présent fascicule.

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

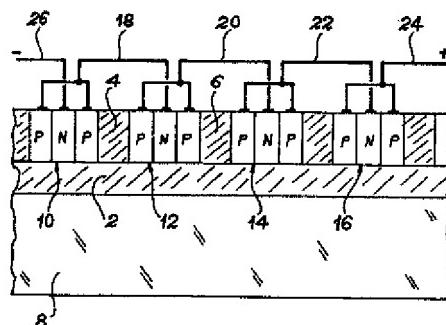
(72) Inventeur(s) : Micolet René.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : Brevatome.

(54) Batterie de Photopiles montées en série.

(57) Batterie de photopiles montées en série, caractérisée  
en ce que les photopiles (10, 12, 14, 16) sont intégrées  
dans des caissons isolants au sein d'un même substrat (8)  
à l'aide d'une structure de type SOI en soi connue (en ter-  
minologie anglo-saxonne "silicium on insulator"), compre-  
nant, dans un bloc de silicium, des caissons isolants juxtaposés  
en silice SiO<sub>2</sub>, dont les fonds sont constitués à l'aide  
d'une couche isolante profonde (2) de SiO<sub>2</sub> obtenue par  
exemple par implantation d'ions oxygène O<sup>+</sup> suivie d'un re-  
cuit à haute température, et dont les murs latéraux verti-  
caux d'isolement diélectrique (4, 6) sont obtenus par oxy-  
dation thermique localisée, les photopiles étant obtenus par  
implantation ionique et création de zones de type P et  
N dans les domaines de silicium contenus dans les diffé-  
rents caissons et en ce que les connexions électriques (18,  
20, 22) entre les photopiles sont réalisées par gravure de  
conducteurs à l'aide de masques sur la surface du sub-  
strat.



FR 2 666 453 - A1



## BATTERIE DE PHOTOPILES MONTEES EN SERIE

La présente invention se rapporte d'une manière générale aux dispositifs photoélectriques susceptibles de transformer en une énergie électrique un rayonnement électromagnétique incident dans le domaine lumineux. Elle concerne encore de façon plus particulière des photodétecteurs et des photopiles qui produisent une différence de potentiel électrique lorsqu'ils reçoivent un flux lumineux et sont utilisés, en ce qui concerne les premiers, pour mettre en évidence l'existence d'une radiation lumineuse déterminée et, en ce qui concerne les seconds, comme générateurs électriques aptes à transformer l'énergie lumineuse incidente en courant électrique.

15 Pour des raisons de simplification, on désignera dans toute la suite du présent texte sous le terme générique de photopiles les appareils des deux types précédemment rappelés.

De façon plus précise encore, la présente invention vise la réalisation des photopiles miniatures (ayant des dimensions de l'ordre de quelques microns) obtenues par des techniques propres à la fabrication des circuits intégrés.

Jusqu'à ce jour, on a réalisé dans certains circuits intégrés, une photopile isolée, le plus souvent par gravure horizontale, c'est-à-dire par empilement horizontal de couches de semi-conducteurs de type P et N permettant de réaliser les jonctions du type P-N, P-I-N ou du type SCHOTTKY caractéristiques des photopiles. Le matériau utilisé est généralement du silicium sous forme monocristalline, polycristalline ou amorphe.

La différence de potentiel électrique fournie par une telle photopile étant de l'ordre de 0,6 Volt, il est nécessaire, si l'on veut obtenir une tension

supérieure à cette valeur, de mettre en série un certain nombre de photopiles qui doivent être alors soigneusement isolées électriquement les unes des autres. Dans la technique actuelle, cet isolement 5 électrique est généralement obtenu en partant d'un substrat isolant en verre par exemple, ce qui conduit à des complications de fabrication très importantes. En d'autres termes, la réalisation facile de batteries 10 de photopiles montées en série à l'aide des techniques courantes des circuits intégrés est un problème technique non résolu jusqu'à ce jour.

La présente invention a précisément pour objet une telle batterie de photopiles montées en série, réalisable simplement à l'aide de techniques 15 dont la mise en oeuvre est simple et fait appel en partie à des structures connues et de réalisation possible dans tout laboratoire d'élaboration de circuits intégrés.

Cette batterie de photopiles montées en 20 série se caractérise en ce que les photopiles sont intégrées dans des caissons isolants au sein d'un même substrat à l'aide d'une structure du type SOI en soi connue (en terminologie anglo-saxonne "silicium on insulator"), comprenant, dans un bloc de silicium, 25 des caissons isolants dont les fonds sont par exemple constitués à l'aide d'une couche isolante profonde de SiO<sub>2</sub> obtenue par implantation d'ions oxygène suivie d'un recuit à haute température, et dont les murs latéraux verticaux d'isolement diélectrique sont 30 obtenus par oxydation thermique localisée, les photopiles étant réalisées par implantation ionique et création de zones de types P et N dans les domaines de silicium contenus dans les différents caissons, et en ce que les connexions électriques entre les 35 photopiles sont réalisées par gravure de conducteurs

par exemple, aluminium ou silicium polycristallin dopé, à l'aide de masques sur la surface du substrat.

5 Comme on le comprend de ce qui précède, le Demandeur a trouvé qu'il était possible d'utiliser les structures de semi-conducteurs connues sous la dénomination SOI ("silicium on insulator") et décrites par exemple dans le brevet français publié FR-A-2 616 590 pour les appliquer à la réalisation d'une batterie de photopiles montées en série.

10 En effet, on connaît, par ce brevet antérieur et d'autres publications, une catégorie de circuits intégrés, dits en abrégé circuits SOI, et destinés notamment à présenter une tenue élevée aux radiations ionisantes dans lesquels les parties actives desdits 15 circuits intégrés sont logées dans des caissons isolants le plus souvent en oxyde de silicium SiO<sub>2</sub>. Les parois de ces caissons sont obtenues, en ce qui concerne le fond des caissons, par un film isolant résultant d'une implantation d'ions oxygène dans un 20 substrat massif de silicium suivi d'un recuit à haute température, et, en ce qui concerne les parois latérales verticales de ces caissons, par croissance locale de SiO<sub>2</sub> par oxydation thermique du silicium en présence de masques destinés à protéger les zones 25 extérieures à ces murs.

30 L'invention réside donc dans le fait d'avoir montré la possibilité -ce que personne n'avait vu jusqu'à ce jour, bien que le problème technique des batteries de photopiles soit posé depuis longtemps- d'utiliser de telles structures intégrées à caissons isolants pour y fabriquer in situ des photopiles que l'on pouvait ensuite relier par des conducteurs extérieurs, selon tout câblage voulu, permettant de constituer ainsi des batteries de ces mêmes photopiles en 35 série et/ou en parallèle. Dans ces conditions, les

photopiles en question sont réalisées, selon l'invention, par implantation ionique et dopage direct des domaines de silicium contenus dans les différents caissons de façon à y créer, selon une structure cette fois verticale et non plus horizontale, des zones de type P et N aptes à réaliser les photopiles désirées.

Les connexions extérieures permettant de relier, selon tout câblage désiré, les électrodes positives et négatives de ces photopiles sont, réalisées alors par gravure de conducteurs obtenus de façon connue à l'aide de masques sur la surface du substrat.

De toute façon, l'invention sera mieux comprise en se référant à la description qui suit de deux exemples de réalisation de batterie de photopiles, exemples qui seront donnés à titre surtout illustratif et non limitatif en se référant aux figures 1 et 2 ci-jointes, sur lesquelles :

- 20            - la figure 1 montre une batterie de photopiles en série avec des photopiles de structure PN ;  
              - la figure 2 montre une batterie de photopiles en série avec une structure PNN<sup>+</sup>.

25            Sur la figure 1, on a représenté schématiquement les éléments d'une batterie de photopiles, au nombre de quatre sur la figure, qui sont logées conformément à l'invention dans les caissons isolants juxtaposés en silice SiO<sub>2</sub>, chaque caisson comportant un fond 2 et deux murs latéraux vitaux 4 et 6. L'ensemble est réalisé dans un substrat de silicium 8 monocristallin situé à la partie inférieure du dessin. Dans l'exemple de la figure 1, chaque photopile telle que 10, 12, 14 et 16 est réalisée à l'aide de trois zones dopées adjacentes de types respectifs P, N et P. Les deux zones P de chaque pile sont connectées

en parallèle et mises en communication par les conducteurs 18, 20 et 22 à la zone de type N de la photopile voisine. On constitue ainsi un circuit électrique en série ayant un pôle positif 24 et un pôle négatif 26. Les photopiles 10, 12, 14 et 16 étant en série et produisant chacune une différence de potentiel de l'ordre de 0,6 volt, on obtient ainsi entre le pôle positif 24 et le pôle négatif 26 une différence de potentiel de l'ordre de 2,4 volts.

La fabrication d'une telle structure intervient par des procédés connus. On décrira brièvement pour mémoire l'un de ces procédés qui comporte les séquences suivantes.

Sur le substrat de silicium 8, on commence par fabriquer, par implantation d'ions oxygène à grande profondeur, le fond de silice  $\text{SiO}_2$  commun à toutes les photopiles intégrées dans le même bloc de silicium. Un recuit à haute température permet de créer la zone d'oxyde  $\text{SiO}_2$ .

A ce stade de la fabrication, on parachève la fabrication des différents caissons destinés ultérieurement à contenir les photopiles en fabriquant par oxydation thermique localisée, les murs latéraux vitaux isolants tels que 4 et 6 en silice  $\text{SiO}_2$ .

Enfin, on fabrique par implantation ionique et dopage en ions nécessaires les zones de type P et N permettant de réaliser ainsi des jonctions ayant les caractéristiques d'une photopile.

Enfin, les différentes connexions entre les zones de type P et N ainsi que les connexions 18, 20 et 22 entre les photopiles adjacentes, sont réalisées par gravure de conducteurs à l'aide de masques sur la surface du substrat.

On réalise ainsi un ensemble de photopiles intégrées dans un même substrat de silicium, par conséquent sur une très petite surface, et montées en série

les unes avec les autres ce qui permet d'obtenir des tensions électriques multiples de la tension unitaire d'une photopile.

La figure 2 sur laquelle les mêmes éléments ont été représentés munis des mêmes chiffres de référence montre un mode de mise en oeuvre d'une batterie de quatre photopiles dans une structure quelque peu différente en ce qui concerne ces dernières. Celles-ci sont en effet réalisées par gravure verticale juxtaposée de zones de conduction de type  $PNN^+NP$ . Le fonctionnement et le procédé de fabrication de la structure de la figure 2 sont par ailleurs identiques à ceux de la figure 1.

15

20

25

30

35

## REVENDICATION

Batterie de photopiles montées en série, caractérisée en ce que les photopiles (10, 12, 14, 16) sont intégrées dans des caissons isolants au sein 5 d'un même substrat (8) à l'aide d'une structure de type SOI en soi connue (en terminologie anglo-saxonne "silicium on insulator"), comprenant, dans un bloc de silicium, des caissons isolants juxtaposés en silice SiO<sub>2</sub> dont les fonds sont constitués à l'aide d'une 10 couche isolante profonde (2) de SiO<sub>2</sub> obtenue par implantation d'ions oxygène O<sup>+</sup> suivie d'un recuit à haute température, et dont les murs latéraux verticaux d'isolation diélectrique (4, 6) sont obtenus par oxydation thermique localisée, les photopiles 15 étant obtenus par implantation ionique et création de zones de type P et N dans les domaines de silicium contenus dans les différents caissons et en ce que les connexions électriques (18, 20, 22) entre les photopiles sont réalisées par gravure de conducteurs 20 à l'aide de masques sur la surface du substrat.

25

30

35

1/1

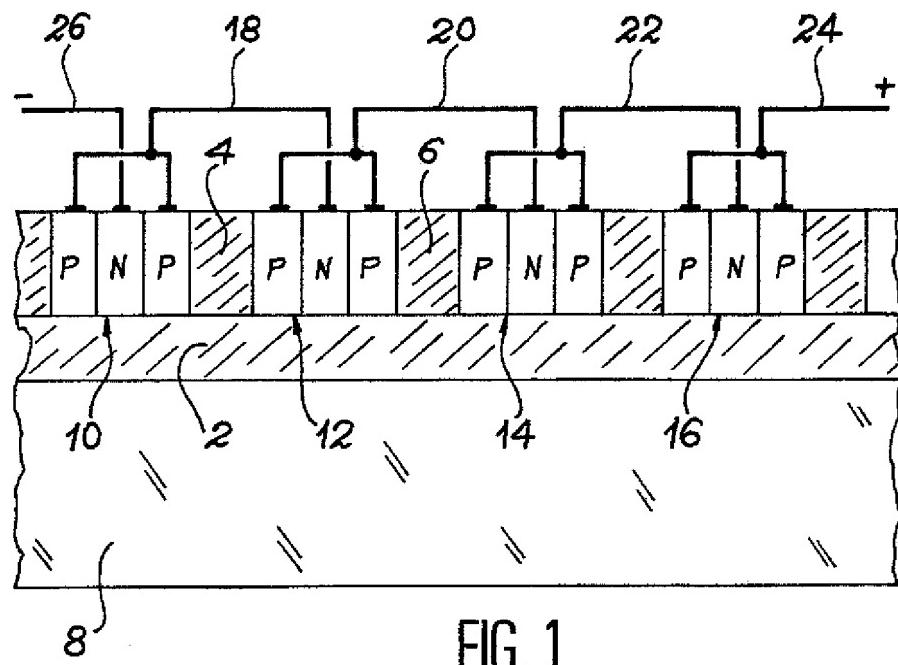


FIG. 1

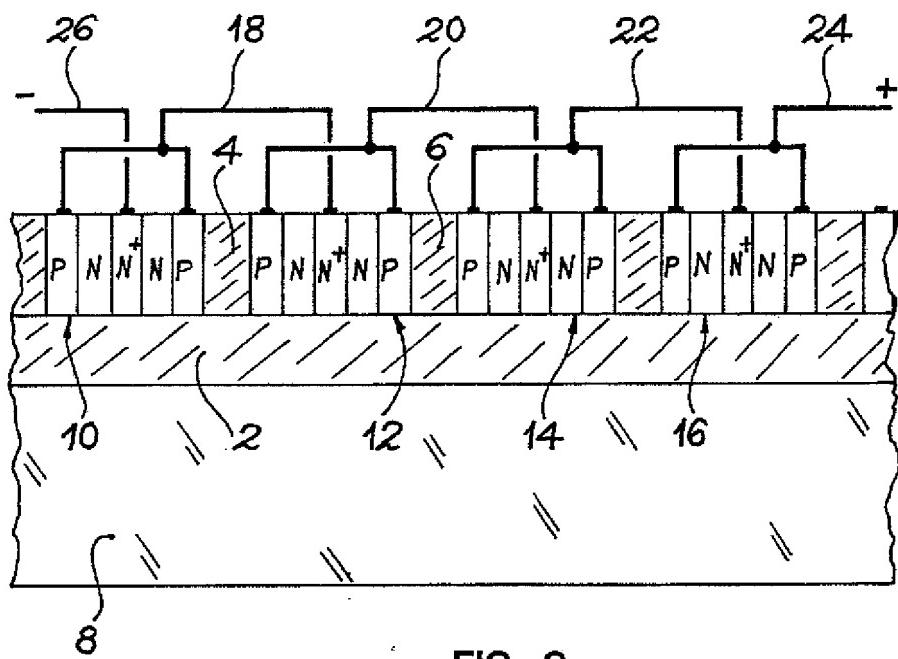


FIG. 2

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

## RAPPORT DE RECHERCHE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées ayant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FR 9010884  
FA 449875

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                          | Revendications concernées de la demande examinée |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Catégorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes                                                                                          |                                                  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | US-A-3994012 (WARNER, JR)<br>* colonne 15, ligne 54 - colonne 18, ligne 32;<br>figures 26-28 *                                                                           | 1                                                |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | EP-A-32022 (FUJITSU LTD)<br>* abrégé; revendications *                                                                                                                   | 1                                                |
| A, D                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | FR-A-2616590 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE)<br>* Le document en entier *                                                                                            | 1                                                |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 12, no. 277 (E-640) 30 juillet 1988,<br>& JP-A-63 055980 (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD)<br>10 mars 1988,<br>* Le document en entier * | 1                                                |
| DOMAINES TECHNIQUES<br>RECHERCHES (Int. Cl.5)                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                          |                                                  |
| H01L                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                          |                                                  |
| Date d'achèvement de la recherche<br>10 MAI 1991                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                          | Examinateur<br>LINA F.                           |
| <b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b><br>X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général<br>O : divulgation non écrite<br>P : document intercalaire |                                                                                                                                                                          |                                                  |
| T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>& : membre de la même famille, document correspondant        |                                                                                                                                                                          |                                                  |